



بررسی تأثیر تمرینات اصلاحی و بازی‌های اصلاحی بر تعادل ایستا و پویا (مورد مطالعه دانش آموزان دارای زانوی پرانتری شهر همدان)

علیرضا مرادی صفا^a، بیژن گودرزی^{b*}

^a کارشناسی ارشد حرکات اصلاحی و آسیب شناسی، واحد بروجرد، دانشگاه آزاد اسلامی، بروجرد، ایران

^b استادیار گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی، واحد بروجرد، دانشگاه آزاد اسلامی، بروجرد، ایران

نویسنده مسئول:

چکیده:

هدف: ناهنجاری زانوی پرانتری (ژنووآروم) با تغییر در تراز مکانیکی اندام تحتانی و جابه‌جایی خط ثقل، کنترل وضعیتی و پایداری بدن را در نوجوانان دچار اختلال می‌کند. پژوهش حاضر با هدف مقایسه تأثیر هشت هفته «تمرینات اصلاحی» و «بازی‌های اصلاحی» بر تعادل ایستا و پویای دانش‌آموزان پسر دارای ناهنجاری زانوی پرانتری انجام شد.

روش‌شناسی: این پژوهش از نوع نیمه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون و گروه کنترل بود. جامعه آماری را دانش‌آموزان پسر مقطع متوسطه اول شهر همدان (سال تحصیلی ۱۴۰۳-۱۴۰۴) تشکیل دادند. ۴۵ دانش‌آموز (۱۸-۱۶ سال) مبتلا به زانوی پرانتری درجه ۳ و ۴ (فاصله بین کندیلی ۵/۲ تا ۵ سانتی‌متر) به صورت هدفمند انتخاب و به طور تصادفی در سه گروه مساوی (۱۵ نفر در هر گروه) شامل تمرینات اصلاحی، بازی‌های اصلاحی و کنترل جایدهی شدند. گروه‌های آزمایش به مدت ۸ هفته، ۳ جلسه در هفته تحت مداخله قرار گرفتند. تعادل ایستا با آزمون لک‌لک (Stork Stand) و تعادل پویا با آزمون «بلند شدن و راه رفتن (TUG)» ارزیابی شد. داده‌ها با استفاده از آزمون تحلیل کوواریانس (ANCOVA) در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ تحلیل گردید.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که هر دو پروتکل تمرینی منجر به بهبود معنادار شاخص‌های تعادل در مقایسه با گروه کنترل شدند ($P=0.001$). تمرینات اصلاحی با ضریب تأثیر ۷۲ درصد بر تعادل ایستا و ۵۹ درصد بر تعادل پویا اثرگذار بود. در مقابل، بازی‌های اصلاحی تأثیر ۴۵ درصدی بر تعادل ایستا و اثرگذاری قدرتمند ۶۰ درصدی بر تعادل پویا نشان داد.

نتیجه‌گیری: یافته‌ها حاکی از آن است که تمرینات اصلاحی به دلیل تمرکز مستقیم بر بازسازی ساختاری و اصلاح زوایای بیومکانیکی، در بهبود پایداری ایستا کارایی بیشتری دارند؛ در حالی که بازی‌های اصلاحی به واسطه ماهیت عملکردی و به چالش کشیدن سیستم عصبی-عضلانی در موقعیت‌های متغیر، در ارتقای تعادل پویا موفق‌تر عمل می‌کنند. لذا پیشنهاد می‌شود متخصصان جهت دستیابی به حداکثر کارایی در اصلاح ناهنجاری و بهبود کنترل قامت، ترکیبی از هر دو رویکرد ساختاری و عملکردی را در برنامه‌های اصلاحی لحاظ نمایند.

کلمات کلیدی: زانوی پرانتری، تمرینات اصلاحی، بازی‌های اصلاحی، تعادل ایستا، تعادل پویا

۱- مقدمه

پیکره انسانی مجموعه‌ای پیچیده و هماهنگ از زنجیره‌های کینتیک است که در آن، هر جزء بر عملکرد کل سیستم تأثیر می‌گذارد. در این میان، مفصل زانو به عنوان محوری‌ترین حلقه در زنجیره حرکتی اندام تحتانی، نقشی حیاتی در انتقال نیروهای عکس‌العمل زمین، تحمل فشارهای استاتیک ناشی از وزن و مدیریت گشتاورهای دینامیک حین فعالیت‌های روزمره ایفا می‌کند. سلامت و توازن



این مفصل، ضامن ثبات کل بدن و پیشگیری از تخریب‌های زودرس در مفاصل میچ پا و لگن است. با این حال، به دلیل ماهیت آناتومیک و قرارگیری بین دو اهرم بلند استخوانی (فیمور و تیبیا)، زانو همواره در معرض تغییر شکل‌های وضعیتی قرار دارد. یکی از چالش‌برانگیزترین این ناهنجاری‌ها، «زانوی پرانتری» یا ژنوواروم (Genu Varum) است که در آن راستای مکانیکی اندام تحتانی دچار انحراف شده و فاصله بین زانوها افزایش می‌یابد. مطالعات اپیدمیولوژیک حاکی از آن است که این ناهنجاری به ویژه در سنین رشد و در جوامع دانش‌آموزی، به دلیل سبک زندگی کم‌تحرك، فقر حرکتی و عادات نادرست نشستن و ایستادن، شیوع نگران‌کننده‌ای یافته است (قیطاسی و همکاران، ۲۰۱۹).

از منظر بیومکانیکی، زانوی پرانتری موجب می‌شود که خط ثقل بدن به سمت داخل (مدیال) مفصل زانو متمایل گردد. این جابجایی منجر به افزایش فشار فشاری (Compressive Stress) در بخش داخلی مفصل و کشش غیرطبیعی در بخش خارجی (لترال) می‌شود که در بلندمدت، تغییر شکل غضروف‌ها و بی‌ثباتی لیگامانی را به همراه دارد (شعبانی و همکاران، ۱۴۰۲). این تغییر در راستا، تنها محدود به مفصل زانو باقی نمی‌ماند و با برهم زدن توازن عضلانی، منجر به جابجایی مرکز ثقل بدن نسبت به سطح اتکا می‌شود. چنین شرایطی، سیستم کنترل عصبی-عضلانی را که وظیفه حفظ تعادل ایستا و پویا را بر عهده دارد، با اختلال جدی روبرو می‌سازد. دانش‌آموزان مبتلا به این عارضه، به دلیل نقص در دریافت بازخوردهای حس عمقی و تغییر در بیومکانیک گام‌برداری، در حفظ پایداری بدن حین فعالیت‌های پویا با دشواری روبرو هستند که این امر ریسک سقوط و آسیب‌های حاد مفصلی را به شدت افزایش می‌دهد (لیو و همکاران، ۲۰۲۴؛ ژانگ، ۲۰۲۴).

یکی از جنبه‌های بسیار حیاتی و در عین حال کمتر توجه شده در این ناهنجاری، پدیده «خستگی ادراکی» است. زمانی که راستای مفصلی از حالت استاندارد خارج می‌شود، عضلات پیرامونی (به ویژه عضلات چهارسر ران و همسترینگ) ناچارند برای جبران نقص ساختاری و حفظ ثبات بدن، فعالیت الکترومیوگرافی بیشتری از خود نشان دهند. این تلاش مضاعف برای حفظ پوسچر، منجر به مصرف انرژی بالاتر و در نتیجه بروز زود هنگام خستگی می‌شود. خستگی ادراکی نه تنها توانایی‌های جسمانی دانش‌آموز را در ساعات درس تربیت‌بدنی کاهش می‌دهد، بلکه با تأثیر منفی بر سیستم پردازش مرکزی، منجر به کاهش تمرکز، افت مهارت‌های شناختی و در نهایت کاهش بهره‌وری آموزشی و ورزشی می‌گردد (نارتی و همکاران، ۲۰۲۳؛ برادی و همکاران، ۲۰۲۴). در کنار این موضوع، محدودیت در «دامنه حرکتی» (ROM) نیز به عنوان یک عامل بازدارنده عمل می‌کند. کوتاهی بافت‌های نرم در سمت مدیال و کشیدگی در سمت لترال، انعطاف‌پذیری مفصل را کاهش داده و با محدود کردن آزادی حرکت، فرد را در انجام الگوهای حرکتی پایه دچار ضعف می‌سازد (نورانی و خمه‌س، ۲۰۲۴).

در مواجهه با این اختلالات، علوم ورزشی دو رویکرد مداخله‌ای متمایز را پیشنهاد داده است. نخست، «تمرینات اصلاحی» کلاسیک که بر پایه اصول علمی قدرتی-کششی و تئوری‌های بازسازی الگوهای حرکتی بنا شده‌اند. این تمرینات با تمرکز بر تقویت عضلات ضعیف و کشش عضلات کوتاه شده، سعی در بازگرداندن توازن به زنجیره حرکتی دارند (عسگری، ۱۳۹۴). هرچند اثربخشی این روش به اثبات رسیده، اما چالش بزرگ آن، ماهیت تکراری و گاه خسته‌کننده تمرینات برای نوجوانان است که منجر به کاهش نرخ پایبندی به درمان می‌شود. در مقابل، رویکرد نوین «بازی‌های اصلاحی» مطرح شده است. این روش با ادغام اهداف درمانی در بستری از بازی و رقابت، علاوه بر تحریک سیستم‌های عصبی برای بهبود مهارت‌های حرکتی، انگیزه درونی دانش‌آموزان را برای مشارکت در فرآیند اصلاح



افزایش می‌دهد (شهرانی کرانی، ۱۴۰۲؛ موسکالیتس، ۲۰۲۱). بازی‌های اصلاحی به دلیل ماهیت چندجانبه خود، می‌توانند به طور همزمان سیستم‌های تعادلی، قلبی-عروقی و هماهنگی عصب-عضله را به چالش بکشند.

ضرورت اجرای این پژوهش در شهر همدان، علاوه بر جنبه‌های علمی، ریشه در مسائل اجتماعی و بهداشتی منطقه دارد. افزایش مراجعات به مراکز اصلاحی و ارتوپدی در این شهر نشان‌دهنده نیاز مبرم به پروتکل‌های درمانی در دسترس، کم‌هزینه و جذاب است. نادیده گرفتن این ناهنجاری در سنین رشد می‌تواند منجر به عوارض جبران‌ناپذیری همچون استئوآرتریت زودرس در بزرگسالی شود. با این حال، همچنان این پرسش کلیدی باقی است که کدام یک از این دو رویکرد (تمرینات ساختاریافته کلاسیک یا بازی‌های هدفمند اصلاحی) کارایی بیشتری در بهبود همزمان فاکتورهای فیزیکی و ادراکی دارند؟ علی‌رغم پیشینه‌های پراکنده، تاکنون پژوهش جامعی که تأثیر همزمان این دو روش را بر مثلث «تعادل، خستگی و دامنه حرکتی» در دانش‌آموزان دارای زانوی پرانتری بررسی کرده باشد، مشاهده نشده است.

لذا با توجه به خلاء تحقیقاتی موجود و اهمیت حیاتی اصلاح ناهنجاری در سنین طلایی رشد، این پژوهش بر آن است تا با رویکردی مقایسه‌ای به این مسئله بپردازد که: آیا اجرای یک دوره پروتکل تمرینات اصلاحی در مقایسه با بازی‌های اصلاحی، می‌تواند منجر به تغییرات معناداری در شاخص‌های تعادل ایستا و پویا، کاهش سطح خستگی ادراکی و افزایش دامنه حرکتی در دانش‌آموزان مبتلا به ناهنجاری زانوی پرانتری در شهر همدان شود و کدام یک از این دو مداخله برتری بالینی و عملکردی محسوسی نسبت به دیگری دارد؟

روش‌شناسی پژوهش

تحقیق حاضر یک مطالعه نیمه‌تجربی با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون و گروه کنترل بود. جامعه آماری شامل دانش‌آموزان پسر مقطع متوسطه اول شهر همدان (سال تحصیلی ۱۴۰۳-۱۴۰۴) دارای ناهنجاری زانوی پرانتری بود. از میان ۱۰۰ دانش‌آموز غربالگری شده توسط صفحه شطرنجی، تعداد ۴۵ نفر که بر اساس ارزیابی با کولیس، دارای ناهنجاری درجه ۳ و ۴ (فاصله بین کندیلی ۵/۲ تا ۵ سانتی‌متر) بودند، به عنوان نمونه نهایی انتخاب شدند. آزمودنی‌ها بر اساس معیارهای ورود (سن ۱۶-۱۸ سال، عدم سابقه جراحی یا آسیب حاد اندام تحتانی و عدم شرکت در فعالیت ورزشی منظم) برگزیده و به صورت تصادفی در سه گروه مساوی (۱۵ نفر در هر گروه) شامل: (۱) گروه تمرینات اصلاحی، (۲) گروه بازی‌های اصلاحی و (۳) گروه کنترل جایدهی شدند.

پروتکل ارزیابی متغیرها:

ارزیابی متغیرهای وابسته در دو مرحله (پیش از شروع مداخلات و ۴۸ ساعت پس از پایان دوره ۸ هفته‌ای) به شرح زیر انجام گرفت: ۳. **تعادل ایستا و پویا:** تعادل ایستا با استفاده از آزمون لک‌لک (Stork Stand) بر روی پای برتر و با ثبت زمان پایداری به ثانیه سنجیده شد. برای ارزیابی تعادل پویا، از آزمون عملکردی «بلند شدن و راه رفتن» (TUG) استفاده گردید که طی آن مدت زمان برخاستن از صندلی، پیمودن مسافت ۳ متری و بازگشت مجدد ثبت شد.

مداخلات تجربی:

برنامه‌های تمرینی برای هر دو گروه آزمایش به مدت ۸ هفته، ۳ جلسه در هفته اجرا گردید:



- **تمرینات اصلاحی (Corrective Exercises):** این پروتکل شامل تمرینات هدفمند کششی (برای عضلات کوتاه شده سمت لترال) و مقاومتی (برای عضلات ضعیف سمت مدیال) بود که با رعایت اصل اضافه بار (افزایش زمان ماندگاری در حرکت از ۵ به ۱۵ ثانیه) تحت نظارت مستقیم اجرا شد.
 - **بازی‌های اصلاحی (Corrective Games):** این مداخلات در قالب فعالیت‌های بازی محور نظیر «بازی کلاه»، «گرفتن توپ با پای ۹۰ درجه»، «توپ و دیوار» و «رقیب دقیق» طراحی شد. تمرکز این بازی‌ها بر اصلاح راستای مکانیکی زانو همزمان با به چالش کشیدن تعادل و هماهنگی عصب-عضله در بستری رقابتی و پرنشاط بود.
- گروه کنترل در طول این دوره صرفاً به فعالیت‌های روزمره اشتغال داشته و هیچ مداخله اصلاحی دریافت نکردند. جهت رعایت ملاحظات اخلاقی، پس از تکمیل فرم رضایت‌نامه، تمامی مراحل تحت نظارت پزشک متخصص انجام و داده‌ها به صورت یک‌سویه کور (توسط ارزیابی که از گروه‌بندی اطلاع نداشت) جمع‌آوری گردید. تحلیل داده‌ها در نهایت با تمرکز بر مقایسه تغییرات درون‌گروهی و بین‌گروهی متغیرهای تعادل، خستگی و دامنه حرکتی صورت پذیرفت.

یافته‌های پژوهش

فرضیه اول پژوهش

تمرینات اصلاحی بر تعادل ایستا دانش‌آموزان دارای زانوی پرانتری شهر همدان تأثیر دارد.

جهت تأیید فرضیه اول پژوهش از آزمون تحلیل کوواریانس تک متغیره یا آنکوا استفاده می‌شود. علت استفاده از این آزمون آن است که در فرضیه اول پژوهش، یک متغیر مستقل با نام تمرینات اصلاحی و یک متغیر وابسته با نام تعادل ایستا وجود دارند و از طرفی، قصد بر این است که اثر متغیر دیگری با نام نمرات پیش آزمون متغیر تعادل ایستا که متغیر تصادفی کمکی نیز نامیده می‌شود، سنجیده شود. بنابراین اصولاً از این آزمون آماری در طرح‌های پیش آزمون - پس آزمون با یک متغیر مستقل و یک متغیر وابسته و تصادفی کمکی استفاده می‌شود (بریس، کمپ و سنلگار، ۱۴۰۳).

از آنجا که این آزمون جزء آزمون‌های آماری پیشرفته محسوب می‌شود، لذا برای استفاده از آن باید پیش شرط‌های رعایت گردند. در غیر این صورت، می‌بایست از آزمون معادل ناپارامتریک آن استفاده نمود. پیش شرط‌های آزمون تحلیل کوواریانس تک متغیره به ترتیب شامل موارد ذیل می‌باشند:

- سنجش مقیاس متغیرها
- نرمال بدون توزیع داده‌های متغیرهای مستقل، وابسته و تصادفی کمکی
- همگنی شیب‌های رگرسیون
- وجود رابطه خطی بین متغیر وابسته و تصادفی کمکی
- برابری واریانس‌ها

۱- پیش شرط اول: سنجش مقیاس متغیرها



اولین و مهمترین پیش شرط اجرای آزمون تحلیل کوواریانس تک متغیره آن است که مقیاس متغیر مستقل کیفی (اسمی/ترتیبی) و مقیاس متغیرهای وابسته کمی (فاصله ای/نسبی) باشد. لذا از آنجا که مقیاس متغیر مستقل تمرینات اصلاحی اسمی و مقیاس متغیر وابسته تعادل ایستا نسبی می باشند، لذا پیش شرط اول اجرای این آزمون مورد تأیید قرار می گیرد.

۲- پیش شرط دوم: نرمال بودن توزیع داده های متغیرها

پیش شرط دوم به بررسی این موضوع می پردازد که متغیرهای مستقل، وابسته و تصادفی کمکی می بایست از توزیع نرمالی تبعیت کنند. بنابراین براساس جدول شماره ۴-۶ و بر مبنای آزمون شاپیرو-ویلک، تمامی متغیرهای مستقل و وابسته و همچنین متغیرهای تصادفی کمکی دارای توزیع نرمال می باشند، بنابراین این پیش شرط نیز مورد تأیید قرار گرفت.

۳- پیش شرط سوم: همگنی شیب های رگرسیون

این پیش شرط به بررسی تعامل بین متغیر مستقل (گروه) که همان تمرینات اصلاحی می باشد، با متغیر تصادفی کمکی یعنی نمرات پیش آزمون متغیر وابسته تعادل ایستا می پردازد. زمانی که شیب های رگرسیون بین متغیرهای مذکور همگن باشند، یعنی آن که نمرات پیش آزمون شرکت کنندگان در هر دو گروه همگن هستند و در غیر اینصورت، نتایج حاصل از آزمون تحلیل کوواریانس تک متغیره، چندان قابل اعتماد نیست. اکنون نتایج مربوط به همگنی شیب های رگرسیون در جدول شماره ۱ آورده شده است.

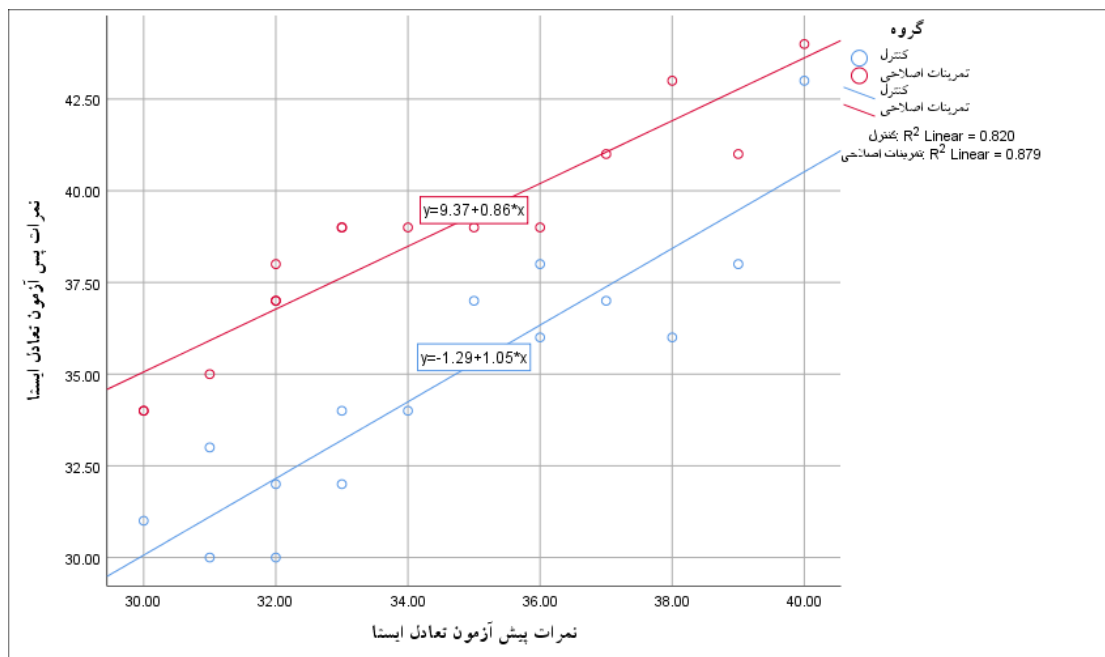
جدول شماره ۱: بررسی همگنی شیب های رگرسیون در فرضیه اول پژوهش

تعامل	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره F	سطح معنی داری
گروه × پیش آزمون	۲/۵۰۶	۱	۲/۵۰۶	۱/۳۷۵	۰/۲۵۲

جدول شماره ۱ نشان می دهد که سطح معناداری به دست آمده از آزمون F، بیشتر از ۰/۰۵ می باشد، لذا تعامل بین گروه (متغیر مستقل) که همان تمرینات اصلاحی می باشد، با نمرات متغیر تصادفی کمکی یعنی پیش آزمون متغیر وابسته تعادل ایستا با سطح اطمینان ۹۵٪ معنادار نیست و بر مبنای این عدم معناداری، شیب های رگرسیون آنها از حیث آماری با یکدیگر همگن و برابر می باشند. بنابراین می توان نتیجه گرفت که پیش شرط سوم نیز مورد تأیید قرار می گیرد.

۴- پیش شرط چهارم: وجود رابطه خطی بین متغیر وابسته و تصادفی کمکی

پیش شرط چهارم به بررسی وجود رابطه خطی بین متغیر وابسته یعنی تعادل ایستا با متغیر تصادفی کمکی آنان می پردازد که در شکل شماره ۱ آورده شده است.



نمودار شماره ۱: نمودار پراکنش رابطه خطی بین متغیر وابسته و متغیر کمکی در فرضیه اول پژوهش

بر مبنای شکل شماره ۱ خط های رگرسیون مربوط به هر گروه، نوعی رابطه خطی بین متغیر وابسته یعنی تعادل ایستا با متغیر تصادفی کمکی آن نشان می دهند. از سوی دیگر، چون در بازه تعیین شده در محور افقی نمودار، هر دو خط یکدیگر را قطع نکرده اند، بار دیگر می توان پیش شرط سوم را مورد تأیید قرار داد و نتیجه گرفت که شیب های رگرسیون همگن هستند. لذا با توجه به توضیحات فوق، پیش شرط چهارم نیز مورد تأیید واقع شد.

۵- پیش شرط پنجم: برابری واریانس ها

در این پیش شرط، برابری واریانس ها یا همان همگنی پراکندگی نمرات متغیر وابسته در هر دو گروه مورد بررسی واقع می شوند تا نتایج حاصل از تحلیل کوواریانس تک متغیره، نزدیک به واقعیت باشد. چرا که عدم برابری واریانس ها در هر دو گروه، توازن بین دو گروه را از برهم می زند و در نتیجه نتایج دور از واقعیت خواهند شد. اکنون در جدول شماره ۲ با استفاده از آزمون لون برابری واریانس ها در فرضیه اول پژوهش مورد بررسی قرار می گیرد.

جدول شماره ۲ بررسی برابری واریانس ها در فرضیه اول پژوهش

متغیر وابسته	آماره F	درجه آزادی اول	درجه آزادی دوم	سطح معناداری
تعادل ایستا	۱/۹۱۶	۱	۲۸	۰/۱۷۷



همانطور که از جدول شماره ۲ پیداست، سطوح معناداری بدست آمده از آماره F برای متغیر وابسته تعادل ایستا، بزرگتر از ۰/۰۵ می باشند که نشان می دهد با سطح اطمینان ۹۵٪ واریانس ها یا همان پراکندگی نمرات در دو گروه در متغیر وابسته، با یکدیگر برابر می باشند و این بدان معناست که تفاوت مشاهده شده در واریانس های گروه ها به قدری نیست که با اطمینان گفته شود، این تفاوت به صورت تصادفی رخ داده است. پس بر مبنای نتیجه مذکور، پیش شرط پنجم که همان برابری واریانس ها است، تأیید می گردد. حال از آنجا که هر پنج پیش شرط اجرای آزمون پیشرفته تحلیل کوواریانس تک متغیره مورد تأیید قرار گرفتند، لذا استفاده از این آزمون برای فرضیه اول پژوهش از حیث آماری مورد تأیید واقع می شود. اکنون با توجه به آزمون تحلیل کوواریانس تک متغیره، در جدول شماره ۳ فرضیه اول پژوهش مورد بررسی قرار می گیرد.

جدول شماره ۳: بررسی فرضیه اول پژوهش

متغیر مستقل	متغیر وابسته	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره F	سطح معناداری	اندازه اثر
تمرینات اصلاحی	تعادل ایستا	۱۳۰/۸۱۱	۱	۱۳۰/۸۱۱	۷۰/۷۹۶	۰/۰۰۱	۰/۷۲۴

جدول شماره ۳ گویای این مهم است که براساس سطح معناداری که کمتر از ۰/۰۵ می باشد، با سطح اطمینان ۹۵٪ متغیر مستقل بر متغیر وابسته تأثیر دارد. همچنین بر مبنای مقدار اندازه اثر که ۰/۷۲۴ می باشد، متغیر مستقل تمرینات اصلاحی به میزان ۷۲ درصد بر متغیر وابسته تعادل ایستا تأثیر دارد. بنابراین در کل می توان گفت که تمرینات اصلاحی بر تعادل ایستا دانش آموزان دارای زانوی پرانتری شهر همدان تأثیر دارد. پس فرض H_0 رد و فرض H_1 تأیید می شود، بنابراین فرضیه اول پژوهش مورد تأیید قرار می گیرد.

فرضیه دوم پژوهش

تمرینات اصلاحی بر تعادل پویای دانش آموزان دارای زانوی پرانتری شهر همدان تأثیر دارد. در جدول شماره ۴ با استفاده از آزمون لون برابری واریانس ها در فرضیه دوم پژوهش مورد بررسی قرار می گیرد.

جدول شماره ۴: بررسی برابری واریانس ها در فرضیه دوم پژوهش

متغیر وابسته	آماره F	درجه آزادی اول	درجه آزادی دوم	سطح معناداری
تعادل پویا	۲/۵۰۵	۱	۲۸	۰/۱۲۵

همانطور که از جدول شماره ۴ پیداست، سطوح معناداری بدست آمده از آماره F برای متغیر وابسته تعادل پویا، بزرگتر از ۰/۰۵ می باشند که نشان می دهد با سطح اطمینان ۹۵٪ واریانس ها یا همان پراکندگی نمرات در دو گروه در متغیر وابسته، با یکدیگر برابر می باشند و این بدان معناست که تفاوت مشاهده شده در واریانس های گروه ها به قدری نیست که با اطمینان گفته شود، این تفاوت به صورت تصادفی رخ داده است. پس بر مبنای نتیجه مذکور، پیش شرط پنجم که همان برابری واریانس ها است، تأیید می گردد.



حال از آنجا که هر پنج پیش شرط اجرای آزمون پیشرفته تحلیل کوواریانس تک متغیره مورد تأیید قرار گرفتند، لذا استفاده از این آزمون برای فرضیه دوم پژوهش از حیث آماری مورد تأیید واقع می شود. اکنون با توجه به آزمون تحلیل کوواریانس تک متغیره، در جدول شماره ۵ فرضیه دوم پژوهش مورد بررسی قرار می گیرد.

جدول شماره ۵: بررسی فرضیه دوم پژوهش

متغیر مستقل	متغیر وابسته	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره F	سطح معناداری	اندازه اثر
تمرینات اصلاحی	تعادل پویا	۷۴/۸۰۷	۱	۷۴/۸۰۷	۳۹/۳۰۸	۰/۰۰۱	۰/۵۹۳

جدول شماره ۵ گویای این مهم است که براساس سطح معناداری که کمتر از ۰/۰۵ می باشد، با سطح اطمینان ۹۵٪ متغیر مستقل بر متغیر وابسته تأثیر دارد. همچنین بر مبنای مقدار اندازه اثر که ۰/۵۹۳ می باشد، متغیر مستقل تمرینات اصلاحی به میزان ۵۹ درصد بر متغیر وابسته تعادل پویا تأثیر دارد.

بنابراین در کل می توان گفت که تمرینات اصلاحی بر تعادل پویا دانش آموزان دارای زانوی پرانتری شهر همدان تأثیر دارد. پس فرض H_0 رد و فرض H_1 تأیید می شود، بنابراین فرضیه دوم پژوهش مورد تأیید قرار می گیرد.

فرضیه سوم پژوهش

بازی های اصلاحی بر تعادل ایستای دانش آموزان دارای زانوی پرانتری شهر همدان تأثیر دارد. نتایج مربوط به همگنی شیب های رگرسیون در جدول شماره ۶ آورده شده است.

جدول شماره ۶: بررسی همگنی شیب های رگرسیون در فرضیه سوم پژوهش

تعامل	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره F	سطح معنی داری
گروه × پیش آزمون	۱۵/۶۸	۱	۱۵/۶۸	۲/۴۵۷	۰/۱۲۹

جدول شماره ۶ نشان می دهد که سطح معناداری به دست آمده از آزمون F، بیشتر از ۰/۰۵ می باشد، لذا تعامل بین گروه (متغیر مستقل) که همان بازی های اصلاحی می باشد، با نمرات متغیر تصادفی کمکی یعنی پیش آزمون متغیر وابسته تعادل ایستا با سطح اطمینان ۹۵٪ معنادار نیست و بر مبنای این عدم معناداری، شیب های رگرسیون آنها از حیث آماری با یکدیگر همگن و برابر می باشند. بنابراین می توان نتیجه گرفت که پیش شرط سوم نیز مورد تأیید قرار می گیرد.

در جدول شماره ۷ با استفاده از آزمون لون برابری واریانس ها در فرضیه سوم پژوهش مورد بررسی قرار می گیرد.

جدول شماره ۷: بررسی برابری واریانس ها در فرضیه سوم پژوهش

متغیر وابسته	آماره F	درجه آزادی اول	درجه آزادی دوم	سطح معناداری
تعادل ایستا	۰/۳۸۹	۱	۲۸	۰/۵۳۸

همانطور که از جدول شماره ۷ پیداست، سطوح معناداری بدست آمده از آماره F برای متغیر وابسته تعادل ایستا، بزرگتر از ۰/۰۵ می باشند که نشان می دهد با سطح اطمینان ۹۵٪ واریانس ها یا همان پراکندگی نمرات در دو گروه در متغیر وابسته، با یکدیگر برابر



می باشند و این بدان معناست که تفاوت مشاهده شده در واریانس های گروه ها به قدری نیست که با اطمینان گفته شود، این تفاوت به صورت تصادفی رخ داده است. پس بر مبنای نتیجه مذکور، پیش شرط پنجم که همان برابری واریانس ها است، تأیید می گردد. اکنون با توجه به آزمون تحلیل کوواریانس تک متغیره، در جدول شماره ۸ فرضیه سوم پژوهش مورد بررسی قرار می گیرد.

جدول شماره ۸: بررسی فرضیه سوم پژوهش

متغیر مستقل	متغیر وابسته	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره F	سطح معناداری	اندازه اثر
بازی های اصلاحی	تعادل ایستا	۱۴۷/۶۳	۱	۱۴۷/۶۳	۲۱/۹۵۲	۰/۰۰۱	۰/۴۴۸

جدول شماره ۸ گویای این مهم است که براساس سطح معناداری که کمتر از ۰/۰۵ می باشد، با سطح اطمینان ۹۵٪ متغیر مستقل بر متغیر وابسته تاثیر دارد. همچنین بر مبنای مقدار اندازه اثر که ۰/۴۴۸ می باشد، متغیر مستقل بازی های اصلاحی به میزان ۴۵ درصد بر متغیر وابسته تعادل ایستا تاثیر دارد.

بنابراین در کل می توان گفت که بازی های اصلاحی بر تعادل ایستا دانش آموزان دارای زانوی پرانتری شهر همدان تأثیر دارد. پس فرض H_0 رد و فرض H_1 تأیید می شود، بنابراین فرضیه سوم پژوهش مورد تأیید قرار می گیرد.

فرضیه چهارم پژوهش

بازی های اصلاحی بر تعادل پویای دانش آموزان دارای زانوی پرانتری شهر همدان تأثیر دارد.

نتایج مربوط به همگنی شیب های رگرسیون در جدول شماره ۹ آورده شده است.

جدول شماره ۹ بررسی همگنی شیب های رگرسیون در فرضیه چهارم پژوهش

تعامل	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره F	سطح معنی داری
گروه × پیش آزمون	۳/۵۴۴	۱	۳/۵۴۴	۱/۶۹	۰/۲۰۵

جدول شماره ۹ نشان می دهد که سطح معناداری به دست آمده از آزمون F، بیشتر از ۰/۰۵ می باشد، لذا تعامل بین گروه (متغیر مستقل) که همان بازی های اصلاحی می باشد، با نمرات متغیر تصادفی کمکی یعنی پیش آزمون متغیر وابسته تعادل پویا با سطح اطمینان ۹۵٪ معنادار نیست و بر مبنای این عدم معناداری، شیب های رگرسیون آنها از حیث آماری با یکدیگر همگن و برابر می باشند. بنابراین می توان نتیجه گرفت که پیش شرط سوم نیز مورد تأیید قرار می گیرد.

در جدول شماره ۱۰ با استفاده از آزمون لون برابری واریانس ها در فرضیه چهارم پژوهش مورد بررسی قرار می گیرد.

جدول شماره ۱۰: بررسی برابری واریانس ها در فرضیه چهارم پژوهش

متغیر وابسته	آماره F	درجه آزادی اول	درجه آزادی دوم	سطح معناداری
تعادل پویا	۰/۲۲۸	۱	۲۸	۰/۶۳۷



همانطور که از جدول شماره ۱۰ پیداست، سطوح معناداری بدست آمده از آماره F برای متغیر وابسته تعادل پویا، بزرگتر از ۰/۰۵ می باشند که نشان می دهد با سطح اطمینان ۹۵٪ واریانس ها یا همان پراکندگی نمرات در دو گروه در متغیر وابسته، با یکدیگر برابر می باشند و این بدان معناست که تفاوت مشاهده شده در واریانس های گروه ها به قدری نیست که با اطمینان گفته شود، این تفاوت به صورت تصادفی رخ داده است. پس بر مبنای نتیجه مذکور، پیش شرط پنجم که همان برابری واریانس ها است، تأیید می گردد. حال از آنجا که هر پنج پیش شرط اجرای آزمون پیشرفته تحلیل کوواریانس تک متغیره مورد تأیید قرار گرفتند، لذا استفاده از این آزمون برای فرضیه چهارم پژوهش از حیث آماری مورد تأیید واقع می شود. اکنون با توجه به آزمون تحلیل کوواریانس تک متغیره، در جدول شماره ۱۱ فرضیه چهارم پژوهش مورد بررسی قرار می گیرد.

جدول شماره ۱۱: بررسی فرضیه چهارم پژوهش

متغیر مستقل	متغیر وابسته	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره F	سطح معناداری	اندازه اثر
بازی های اصلاحی	تعادل پویا	۸۸/۲۵	۱	۸۸/۲۵	۴۱/۰۴	۰/۰۰۱	۰/۶۰۳

جدول شماره ۱۱ گویای این مهم است که براساس سطح معناداری که کمتر از ۰/۰۵ می باشد، با سطح اطمینان ۹۵٪ متغیر مستقل بر متغیر وابسته تأثیر دارد. همچنین بر مبنای مقدار اندازه اثر که ۰/۶۰۳ می باشد، متغیر مستقل بازی های اصلاحی به میزان ۶۰ درصد بر متغیر وابسته تعادل پویا تأثیر دارد.

بنابراین در کل می توان گفت که بازی های اصلاحی بر تعادل پویا دانش آموزان دارای زانوی پرانتری شهر همدان تأثیر دارد. پس فرض H_0 رد و فرض H_1 تأیید می شود، بنابراین فرضیه چهارم پژوهش مورد تأیید قرار می گیرد.

نتیجه گیری

پژوهش حاضر با هدف واکاوی و مقایسه اثرگذاری دو پروتکل «تمرینات اصلاحی» و «بازی های اصلاحی» بر تعادل ایستا و پویا در دانش آموزان مبتلا به ناهنجاری زانوی پرانتری شهر همدان به اجرا درآمد. ناهنجاری زانوی پرانتری یا ژنوواریوم، فراتر از یک تغییر شکل ظاهری، منجر به جابه جایی خط ثقل به سمت بخش داخلی مفصل زانو شده و با افزایش گشتاورهای جانبی، سیستم کنترل عصبی-عضلانی را در حفظ پایداری دچار چالش می کند. یافته های آماری این مطالعه در تبیین فرضیه اول نشان داد که تمرینات اصلاحی کلاسیک با ضریب تأثیر قابل توجه ۷۲ درصد، توانمندی بالایی در بهبود تعادل ایستا دارند. این یافته که با نتایج پژوهش های نگ و نگ (۲۰۲۳)، مون و همکاران (۲۰۲۲) و تیتیز و همکاران (۲۰۲۱) همسو است، بیانگر این واقعیت است که تمرینات ساختاریافته از طریق اصلاح تراز مکانیکی اندام تحتانی، فشار غیرطبیعی را از بخش داخلی زانو برداشته و بازخوردهای حس عمقی لازم را برای حفظ پایداری در وضعیت ثابت ارتقا می دهند. در واقع، این تمرینات با بازگرداندن توازن به عضلات ابدکتور و چرخاننده های خارجی ران، استراتژی های حفظ قامت را در سطح مفاصل بهبود بخشیده و به سیستم عصبی اجازه می دهند با صرف انرژی کمتر و نوسانات بدنی محدودتر، مرکز ثقل را بر قاعده اتکا مستحکم کنند.



در ادامه، تحلیل فرضیه دوم پژوهش پیرامون تأثیر تمرینات اصلاحی بر تعادل پویا، نشان‌دهنده تأثیر ۵۹ درصدی این مداخلات بر ارتقای پایداری در حین حرکت بود. همسویی این نتیجه با مطالعات شاه و پالکار (۲۰۲۱) و لازوتا و همکاران (۲۰۲۱) تأیید می‌کند که اصلاح تراز اندام تحتانی از بخش‌های پایینی (مچ و پا) منجر به بهبود زنجیره حرکتی صاعد شده و کنترل مرکز جرم را در فعالیت‌های پویا تسهیل می‌کند. با این حال، ناهمسویی این یافته با پژوهش ویلچنسکی و همکاران (۲۰۲۱) را می‌توان به تفاوت در طول دوره مداخله و نوع ناهنجاری (والگوس پویا در مقابل ژنووآروم ساختاری) نسبت داد؛ چراکه انطباق‌پذیری سیستم عصبی-عضلانی در ناهنجاری‌های ساختاری مستلزم بازه زمانی طولانی‌تری (مانند ۸ هفته در پژوهش حاضر) است تا واکنش‌های اصلاحی سریع در برابر نوسانات حرکتی نهادینه شود. از منظر بیومکانیکی، تمرینات اصلاحی با تقویت عضلات ثبات‌دهنده، نقص‌های تعادلی ناشی از انحراف زاویه زانو را پوشش داده و محور بارگذاری بدن را به مرکز مفصل نزدیک‌تر می‌کنند که این امر مستقیماً منجر به افزایش کارایی حرکتی در فعالیت‌های متغیر می‌گردد.

در بخش سوم از تحلیل یافته‌ها، نقش بازی‌های اصلاحی بر تعادل ایستا مورد بررسی قرار گرفت که نتایج حاکی از تأثیر ۴۵ درصدی این رویکرد و تأیید فرضیه سوم بود. این یافته با نتایج علی‌پناه (۱۴۰۰)، حیدری و کریمی افشار (۱۳۹۹) و یلفانی و همکاران (۱۳۹۸) همخوانی دارد. تبیین این اثرگذاری بر این اصل استوار است که بازی‌های اصلاحی با فراهم آوردن محیطی پویا و ترغیب‌کننده، دانش‌آموز را وادار به حفظ وضعیت‌های بدنی اصلاح‌شده در قالب مسابقه و سرگرمی می‌کند. این روند باعث می‌شود که سیستم عصبی مرکزی به طور ناخودآگاه راهبردهای جدیدی را برای کنترل توازن در مفاصل زانو و مچ پا به کار گیرد. بازی‌های اصلاحی از طریق درگیر کردن همزمان سیستم‌های بینایی، دهلیزی و پیکری-حسی، دقت درک فضایی بدن را افزایش داده و با تقویت عضلات ضعیف شده (مانند دورکننده‌های ران)، تراز عمودی بدن را بهبود می‌بخشند. این سازگاری‌های عصبی منجر به آن شده است که دانش‌آموزان در وضعیت‌های ایستای دشوار، نوسانات بدنی کمتری را تجربه کرده و امتیازات بالاتری در پس‌آزمون کسب نمایند.

در نهایت، فرضیه چهارم پژوهش به بررسی اثر بازی‌های اصلاحی بر تعادل پویا اختصاص یافت که نتایج آماری، تأثیر قدرتمند ۶۰ درصدی این مداخله را به اثبات رساند. همسویی این نتیجه با مطالعات نگ و نگ (۲۰۲۳) و مون و همکاران (۲۰۲۲) نشان می‌دهد که بازی‌های اصلاحی با ماهیت عملکردی خود (شامل تعقیب، گریز، پرش و تغییر جهت)، سیستم عصبی را در موقعیت‌های مشابه زندگی روزمره به چالش می‌کشند. اگرچه این یافته با پژوهش نوردی (۱۳۹۷) به دلیل تفاوت در پروتکل‌های هدف (ستون فقرات در مقابل اندام تحتانی) ناهمسو بود، اما تبیین حاضر نشان می‌دهد که بازی‌های اصلاحی با بهبود حس عمقی و تقویت عضلات گلوئتال، کنترل لگن و زانو را در حین حرکت بهبود بخشیده‌اند. در واقع، هنگامی که تمرینات در قالب بازی ارائه می‌شوند، دانش‌آموز بدون تمرکز مستقیم بر نقص حرکتی، الگوهای صحیح هم‌ترازی زانو را تجربه کرده و بر نیروهای عکس‌العمل زمین غلبه می‌کند.

در یک جمع‌بندی جامع، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که اگرچه تمرینات اصلاحی کلاسیک به دلیل تمرکز مستقیم بر بازسازی ساختار، در بهبود تعادل ایستا (۷۲٪) پیشرو هستند، اما بازی‌های اصلاحی به دلیل ماهیت پویا و ایجاد انطباق‌های عملکردی، در ارتقای تعادل پویا (۶۰٪) کارایی بسیار بالایی از خود نشان داده‌اند. این پژوهش پیشنهاد می‌دهد که برای دستیابی به حداکثر کارایی در اصلاح ناهنجاری زانوی پرانتزی و بهبود پایداری وضعیتی در دانش‌آموزان، از ترکیبی از تمرینات هدفمند ساختاری و بازی‌های عملکردی استفاده شود تا همزمان با اصلاح زوایای بیومکانیکی، انگیزه و مشارکت فعال آزمودنی‌ها نیز تأمین گردد.



منابع

- جوادپور، ف. و همکاران. (۲۰۱۵). روایی و پایایی پرسشنامه خستگی شغلی سوئدی (SOFI-20) در جمعیت شاغل ایرانی. مجله ارگونومی، ۳(۱)، ۵۰-۵۸.
- حسینی، رضا؛ نورسته، علی اصغر؛ نعمتی، نظام. (۱۳۹۷). مقایسه تعادل ورزشکاران ۱۱ تا ۱۴ سال با و بدون زانوی پرانتری. مجله بیومکانیک ورزشی، ۴(۴)، ۵۴-۶۵.
- حیدری، رعناالسادات و کریمی افشار، فاطمه. (۱۳۹۹). تأثیر ۸ هفته تمرینات اصلاحی بر دامنه حرکتی مفصل شانه در دختران دارای سندروم گیرافتادگی عملکردی. ششمین همایش بین المللی مطالعات ورزشی و سلامت در جهان اسلام، تهران.
- دانشمندی، حسن؛ علیزاده، محمدحسین؛ قراخانلو، رضا. (۱۳۹۹). حرکات اصلاحی (چاپ هفدهم). تهران: سمت.
- شهرانی کرانی، سعید. (۱۴۰۱). ارزیابی اثر هشت هفته تمرینات اصلاحی رایج و بازی‌های اصلاحی بر وضعیت زانو و متغیرهای آمادگی جسمانی منتخب دانش‌آموزان پسر ۱۳-۱۰ ساله دارای زانوی پرانتری. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهرکرد.
- علی‌پناه، تینا. (۱۴۰۰). مقایسه دو روش تمرینات اصلاحی NASM و تراباند بر تعادل و منتخبی از شاخص‌های کینماتیکی زانو در دختران با عارضه زانوی پرانتری. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق.
- علیزاده، محمدحسین؛ میرکریمپور، سید حسین و فلاح، محمد. (۱۳۹۴). مبانی آموزش حرکات اصلاحی. تهران: علم و حرکت.
- قاسمی، بهنام و شهرانی، زهره. (۱۳۹۱). حرکات اصلاحی با رویکرد بازی‌های اصلاحی. اصفهان: انتشارات جهاد دانشگاهی.
- نوردی، مهناز. (۱۳۹۷). تأثیر ۸ هفته تمرینات منظم حرکات اصلاحی بر وضعیت ستون فقرات، شاخص خستگی و برخی شاخص‌های زیست‌حرکتی دانشجویان دختر رشته تربیت بدنی. پنجمین کنفرانس ملی پژوهش‌های کاربردی در مدیریت و حسابداری، تهران.
- یلفانی، علی؛ گیوکی، مهرداد و عاشوری، حسین. (۱۳۹۸). مقایسه تأثیر دو روش تمرینات اصلاحی رایج و تمرینات اصلاحی آکادمی ملی طب ورزش آمریکا (NASM) بر تغییرات ناهنجاری زانوی پرانتری و تعادل نوجوانان فوتبالیست. نشریه تحقیقات کیفی در علوم سلامت، ۷(۲)، ۱۴-۳۰.

(ب) منابع لاتین:

- Ahsberg, E., Gamberale, F., & Kjellberg, A. (1997). Perceived quality of fatigue during different occupational tasks: Development of a questionnaire. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 20(2), 121-135.
- Boone, D. C., & Azen, S. P. (1979). Normal range of motion of joints in male subjects. *JBJS*, 61(5), 756-759.
- Chiacchiero, M., Dresely, B., Silva, U., DeLosReyes, R., & Vorik, B. (2010). The relationship between range of movement, flexibility, and balance in the elderly. *Topics in Geriatric Rehabilitation*, 26(2), 148-155.
- Clark, M., & Lucett, S. (2010). *NASM essentials of corrective exercise training*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Kendall, F. P., McCreary, E. K., Provance, P. G., Rodgers, M. M., & Romani, W. A. (2005). *Muscles: Testing and function with posture and pain*. Baltimore, MD: Lippincott Williams & Wilkins.



- Lazuta, S., Gerdijan, N., & Vukić, Ž. (2021). Effects of the application programme of corrective exercises on foot condition. *European Journal of Physical Education and Sport Science*, 6(11), 14-28.
- Moon, H. H., Seo, Y. G., Kim, W. M., Yu, J. H., Lee, H. L., & Park, Y. J. (2022). Effect of combined exercise program on lower extremity alignment and knee pain in patients with genu varum. *Healthcare*, 11(1), 122-130.
- Ng, Y. L., & Ng, S. Y. (2023). Managing genu varum in adolescents to reduce risks of progression to knee osteoarthritis. *Medical Research Archives*, 11(8), 1-9.
- Shah, N., & Palkar, A. (2021). Comparison of dynamic balance in football players with and without genu varum using star excursion balance test. *International Journal of Health Sciences and Research*, 11(10), 34-40.
- Shumway-Cook, A., & Woollacott, M. H. (2020). *Motor control: Translating research into clinical practice*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Titiz, T., Demirarar, O., & Özçaldıran, B. (2021). Chronic effects of corrective exercises on lower extremity anaerobic power and dynamic balance parameters in adolescent athletes. *Türkiye Klinikleri Journal of Sports Sciences*, 13(2), 251-259.
- Wilczyński, B., Wąż, P., & Zorena, K. (2021). Impact of three strengthening exercises on dynamic knee valgus and balance with poor knee control among young football players: A randomized controlled trial. *Healthcare*, 9(5), 558.



Studying the effect of corrective exercises and corrective games on static and dynamic balance (case study of students with bowed knees in Hamedan)

Alireza Moradi Safa^a, Bijan Goodarzi^{b*}

^a MSc in Corrective Exercises and Sport Injuries, Borujerd Branch, Islamic Azad University, Borujerd, Iran

^b Assistant Professor, Department of Physical Education and Sport Sciences, Borujerd Branch, Islamic Azad University, Borujerd, Iran

1. * Corresponding author:

Abstract

Objective: Bowed knee deformity (genovarum) disrupts postural control and body stability in adolescents by changing the mechanical alignment of the lower limb and shifting the line of gravity. The present study aimed to compare the effect of eight weeks of "corrective exercises" and "corrective games" on the static and dynamic balance of male students with bowed knee deformity. **Methodology:** This study was a quasi-experimental study with a pre-test-post-test design and a control group. The statistical population consisted of male high school students in Hamadan (academic year 1403-1404). Forty-five students (16-18 years old) with grade 3 and 4 knee braces (intercondylar distance 2.5 to 5 cm) were purposefully selected and randomly assigned to three equal groups (15 in each group) including corrective exercises, corrective games, and control. The experimental groups underwent intervention for 8 weeks, 3 sessions per week. Static balance was assessed with the Stork Stand test and dynamic balance with the Get Up and Walk (TUG) test. Data were analyzed using analysis of covariance (ANCOVA) at a significance level of 0.05. **Findings:** The results showed that both training protocols led to significant improvement in balance indices compared to the control group ($P=0.001$). Corrective exercises were effective with an effect coefficient of 72% on static balance and 59% on dynamic balance. In contrast, corrective games showed a 45% effect on static balance and a strong 60% effect on dynamic balance. **Conclusion:** The findings indicate that corrective exercises are more effective in improving static stability due to their direct focus on structural reconstruction and correction of biomechanical angles; while corrective games are more successful in improving dynamic balance due to their functional nature and challenging the neuromuscular system in variable situations. Therefore, it is suggested that specialists should include a combination of both structural and functional approaches in corrective programs to achieve maximum efficiency in correcting the abnormality and improving postural control.

Keywords: Knee brace, corrective exercises, corrective games, static balance, dynamic balance